“倍肽德”对产蛋鸡生产性能、免疫机能和肠黏膜结构的影响

马友彪[1] 周建民[1] 张海军[1*] 王 晶[1] 武书庚[1*] 齐广海[1] 刘建忠[2] 吕 亮[2]

（1.中国农业科学院饲料研究所，农业部饲料生物技术重点开放实验室，北京 100081；

2.路德生物环保技术（古蔺）有限公司，泸州 646509）

摘 要:本试验旨在探讨饲粮中添加“倍肽德”对产蛋鸡生产性能、免疫机能及肠黏膜结构的影响。选取 324 只 27 周龄、产蛋率和体重相近的健康海兰褐蛋鸡，随机分成 3 个组，每组 6 个重复，每个重复 18 只鸡。3 组产蛋鸡分别饲喂在玉米-豆粕饲粮基础上添加 0（对照）、1%和 2%“倍肽德”的饲粮，试验分为预试期 1 周和正试期 8 周。结果表明：1）各时间段内各组间产蛋率差异不显著（P>0.05），但 1%“倍肽德”组产蛋率在 1~4 周、5~8 周和 1~8 周比对照组分别提高了 1.79%、2.07%和 1.93%；1%“倍肽德”组 5~8 周和 1~8 周的平均日采食量有高于对照组的趋势（P<0.10）。2）在第 4 周末，2%“倍肽德”组血清球蛋白含量较对照组和 1%“倍肽德”组分别提高了 19.0%（P<0.10）和 27.2%（P<0.05），1%和 2%“倍肽德”组血清磷含量均显著高于对照组（P<0.05）。3）在第 4 周末，与对照组和 1%“倍肽德”组相比，2%“倍肽德”组血清免疫球蛋白 G 和免疫球蛋白 M 含量均显著提高（P<0.05）；在第 8 周末，与对照组相比，2%“倍肽德”组血清免疫球蛋白 A 和免疫球蛋白 M 含量显著提高（P<0.05），1%“倍肽德”组血清溶菌酶活性显著提高（P<0.05）。4）与对照组和 2%“倍肽德”组相比，饲粮中添加 1%“倍肽德”显著提高了产蛋鸡空肠绒毛高度和隐窝深度（P<0.05），有提高绒毛高度/隐窝深度的趋势（P<0.10）。综上可知，产蛋鸡饲粮添加适量（1%~2%）“倍肽德”可增强免疫机能，改善肠黏膜结构。

关键词：“倍肽德”；产蛋鸡；生产性能；免疫机能；肠道黏膜

收稿日期：2016-08-29

基金项目：现代农业产业技术体系（CARS-41-K13）；家禽产业技术体系北京市创新团队项目（CARS-PSTP）

作者简介：马友彪（1989-），男，山东济宁人，硕士研究生，动物营养与饲料科学专业。E-mail: myb0514@126.com

*通信作者：张海军，副研究员，硕士生导师，E-mail: fowlfeed@163.com；武书庚，研究员，硕士生导师，E-mail: wushugeng@caas.cn

中图分类号：S816　　　　　　　文献标识码：A　　　　　　　文章编号：

我国饲料资源匮乏，尤其是蛋白质资源短缺，充分开发利用我国现有的饲料资源，提高工业废弃物的饲用价值，可有效缓解我国饲料资源短缺。目前，饲养动物健康状况较差、抗生素使用普遍，迫切需要提高饲料原料的健康特性，以保障我国畜牧业可持续健康发展具有重要意义。“倍肽德”（“Peptidetech”，PT）系在酱香型白酒糟上接种酵母菌，经过固体高密度培养、可控自溶、小肽富集和低温干燥等工艺，生产的一种新型的具有保健作用的蛋白质饲料。“倍肽德”作为酵母培养物，含有蛋白质、小肽、寡糖、维生素和消化酶等营养素，还含有酵母细胞代谢产物等。酵母培养物已在牛[1]、羊[2]、猪[3]、肉鸡[4]、产蛋鸡[5]等动物中得到广泛应用，可提高饲用动物的健康状况，增强抗应激能力，改善生产性能。作为新型酵母培养物，PT 在蛋鸡上的应用尚未有报道。本试验通过研究饲粮添加不同水平“倍肽德”对蛋鸡生产性能、血液生化指标、免疫机能及肠黏膜结构的影响，旨在确定适宜添加量，为“倍肽德”在蛋鸡生产中的应用提供依据。

1　材料与方法

1.1　试验材料

试验用“倍肽德”由路德生物环保技术（古蔺）有限公司提供，相关指标测定如下：粗蛋白质26.8%，粗脂肪7.85%，粗纤维13.91%，粗灰分9.15%，水分10.6%，葡聚糖0.8%，甘露聚糖5.2%，禽表观代谢能10.82 MJ/kg。

1.2　试验设计与试验饲粮

采用单因子试验设计，选取 324 只 27 周龄、产蛋率和体重相近的健康海兰褐蛋鸡，随机分成 3 个组，每组 6 个重复，每个重复 18 只鸡，采用阶梯式笼养，每笼（40 cm×37 cm×40 cm）3 只鸡。对照组饲喂不含 PT 的饲粮，2 个试验组分别饲喂含 1%和 2%“倍肽德”的饲粮。试验分为预试期 1 周和正试期 8 周。参照鸡的饲养标准（NY/T 33-2004），结合《海兰褐产蛋鸡饲养手册》配制玉米-豆粕型饲粮（表 1）。

表1　饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of the diets (air-dry basis)　　　　%

原料 Ingredients	组别 Groups 对照 Control	1%倍肽德 1%PT	2%倍肽德 2%PT	营养水平 Nutrient levels[2]	组别 Groups 对照 Control	1%倍肽德 1%PT	2%倍肽德 2%PT
玉米 Corn	62.96	62.48	61.99	代谢能 ME（MJ/kg）	11.16	11.17	11.16
倍肽德 Peptidetech		1.00	2.00	粗蛋白质 CP	16.47	16.47	16.47
豆粕 Soybean meal	26.41	25.89	25.36	赖氨酸 Lys	0.90	0.90	0.90
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.00	1.00	1.00	蛋氨酸 Met	0.39	0.39	0.39
石粉 Limestone	8.80	8.80	8.80	蛋+半胱氨酸 Met+Cys	0.68	0.68	0.62
矿物质预混料 Mineral premix[1]	0.20	0.20	0.20	总磷 TP	0.56	0.56	0.55
维生素预混料 Vitamin premix[1]	0.03	0.03	0.03	钙 Ca	3.38	3.38	3.38
食盐 NaCl	0.28	0.28	0.28	有效磷 AP	0.35	0.35	0.35
氯化胆碱 Choline chloride	0.10	0.10	0.10	钠 Na	0.15	0.15	0.15
DL-蛋氨酸 *DL*-Met	0.12	0.12	0.12	氯 Cl	0.21	0.21	0.21
赖氨酸盐酸盐 Lys·HCl			0.02				
蒙脱石 Montmorillonite	0.10	0.10	0.10				
合计 Total	100.00	100.00	100.00				

[1] 矿物质和维生素预混料为每千克饲粮提供 The mineral and vitamin premixes provided the

following per kilogram diets: VA 12 500 IU，VD_3 4 125 IU，VK 2 mg，VE 15 IU，VB_1 1 mg，VB_2 8.5 mg，VB_6 8 mg，VB_{12} 5 mg，泛酸钙 calcium pantothenate 50 mg，烟酸 nicotinic acid 32.5 mg，生物素 biotin 2 mg，胆碱 choline 0.92 mg，Zn 66 mg，Fe 60 mg，Mn 65 mg，Cu 8 mg，I 1 mg，Se 0.15 mg。

2) 营养水平均为计算值。Nutrient levels were calculated values.

1.3 饲养管理

试验采用半开放式鸡舍 3 层立体笼养，18 个重复均匀分布。早晚补光，保证光照时间 16 h/d，光照强度 20 lx，室内相对湿度 50%~80%，自然通风和横向负压通风相结合。自由采食和饮水；专人管理，每日捡蛋 2 次，每周带鸡消毒和清理鸡粪 1 次；常规免疫。

1.4 测定指标及方法

1.4.1 生产性能

正试期，每天以重复为单位记录产蛋数、产蛋量、耗料量，计算1~4周、5~8周和1~8周的产蛋率、平均日采食量、平均蛋重、料蛋比、产蛋量。

1.4.2 血清生化和免疫指标

正试期第 4 周和第 8 周末，每个重复随机选取 1 只鸡翅静脉采血 3 mL，静置分层，吸取血清于离心管中，2 500 r/min 离心 10 min，上清液分装于 1.5 mL Eppendorf 管，-20 ℃保存待用。血清总蛋白（TP）、白蛋白（ALB）、球蛋白（GLO）、钙（Ca）、磷（P）含量在 CHEM-5 型半自动生化分析仪上测定。血清溶菌酶（LZM）活性按照 Kreukniet 等[6]的方法测定，采用双抗夹心酶联免疫吸附法，以市售试剂盒测定血清免疫球蛋白（Ig）G、IgM 和 IgA 含量。

1.4.3 肠黏膜结构

正试期第 8 周末，每个重复随机选取 1 只鸡屠宰，剖开腹腔，轻轻挤出空肠内容物，用生理盐水冲洗净残余物，滤纸吸干残余水分，剪取空肠前段（前 1/4 处）约 2 cm，用生理盐水冲净内容物，10%甲醛固定，制作石蜡切片，苏木精-伊红（HE）染色，光学显微镜下测

定空肠绒毛高度和隐窝深度，并计算绒毛高度/隐窝深度（V/C）。每个切片随机抽取 5 个非连续性视野，每个视野统计 3 组数据。绒毛长度是指绒毛顶端到绒毛基部的长度，隐窝深度是指肠腺底部到两绒毛之间基部开口处的距离。

1.5　数据统计分析

试验数据采用SPSS 16.0软件中的one-way ANOVA先进行方差检验，再进行*F*检验和LSD多重比较。以$P<0.05$为差异显著，$P<0.01$为差异极显著，数据以“平均值±标准差”表示。

2　结　果

2.1　“倍肽德”对产蛋鸡生产性能的影响

由表 2 可知，各时间段内各组间产蛋率差异不显著（$P>0.05$），但饲粮中添加 1%“倍肽德”有增加产蛋率的趋势，1%“倍肽德”组产蛋率在 1~4 周、5~8 周和 1~8 周比对照组分别提高了 1.79%、2.07%和 1.93%；平均日采食量，在 5~8 周和 1~8 周，1%“倍肽德”组有高于对照组的趋势（$P<0.10$）；各时间段内各组间料蛋比无显著差异（$P>0.05$），与其他 2 组比，添加 1%“倍肽德”有降低料蛋比的趋势；各时间段内平均蛋重以及 1~8 周产蛋量各组间差异不显著（$P>0.05$）。

表 2　“倍肽德”对产蛋鸡生产性能的影响

Table 2　Effects of PT on performance of laying hens

项目 Items	时间 Time/	组别 Groups 对照 Control	1%“倍肽德” 1%PT	2%“倍肽德” 2%PT	*P* 值 *P*-value
产蛋率 Egg production rate/%	1~4 周 1 to 4 weeks	89.05±2.79	90.84±2.72	88.23±3.12	0.37
	5~8 周 5 to	91.88±4.88	93.95±3.12	90.96±3.43	0.42

	8 weeks				
	1~8 周 1 to 8 weeks	90.47±3.81	92.40±2.64	89.60±3.11	0.33
平均日采食量 Average daily feed intake/g	1~4 周 1 to 4 weeks	118.38±2.11	119.13±1.49	118.12±1.99	0.49
	5~8 周 5 to 8 weeks	116.43±3.56	119.78±1.51	117.12±2.14	0.08
	1~8 周 1 to 8 weeks	117.41±1.99	119.46±0.95	117.62±1.41	0.06
料蛋比 Feed/egg	1~4 周 1 to 4 weeks	2.13±0.08	2.08±0.08	2.13±0.11	0.68
	5~8 周 5 to 8 weeks	2.01±0.10	2.01±0.08	2.02±0.07	0.93
	1~8 周 1 to 8 weeks	2.07±0.08	2.05±0.07	2.08±0.09	0.80
平均蛋重 Average egg weight/g	1~4 周 1 to 4 weeks	62.53±0.79	63.06±0.94	63.08±0.35	0.43
	5~8 周 5 to 8 weeks	63.27±0.93	63.60±1.30	63.67±0.60	0.76
	1~8 周 1 to 8 weeks	62.90±0.82	63.33±1.13	63.37±0.43	0.57
产蛋量 Egg production/kg	1~8 周 1 to 8 weeks	3.13±0.16	3.22±0.124	3.12±0.11	0.80

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（*P*<0.05），肩标相同字母或者无字母表示差异不显著（*P*>0.05）。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference (*P*<0.05), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference (*P*>0.05). The same as below.

2.2 “倍肽德”对产蛋鸡血液生化指标的影响

表 4 为产蛋鸡试验期间血清生化指标变化情况。在试验第 4 周和第 8 周末，2%“倍肽德”组产蛋鸡血清 GLO 含量高于其他 2 组，其中在试验第 4 周末 2%“倍肽德”组血清 GLO 含量较对照组和 1%“倍肽德”组分别提高了 19.0%（*P*<0.10）和 27.2%（*P*<0.05）；在试验第 4 周和第 8 周末，各组间血清 TP、ALB 和 Ca 含量无显著差异（*P*>0.05）；在试验第 4 周末 1%和 2%“倍肽德”组血清 P 含量均显著高于对照组（*P*<0.05），而在试验第 8 周末血清 P 含量各组间差异不显著（*P*>0.05）。

表 3 “倍肽德”对产蛋鸡血清生化指标的影响

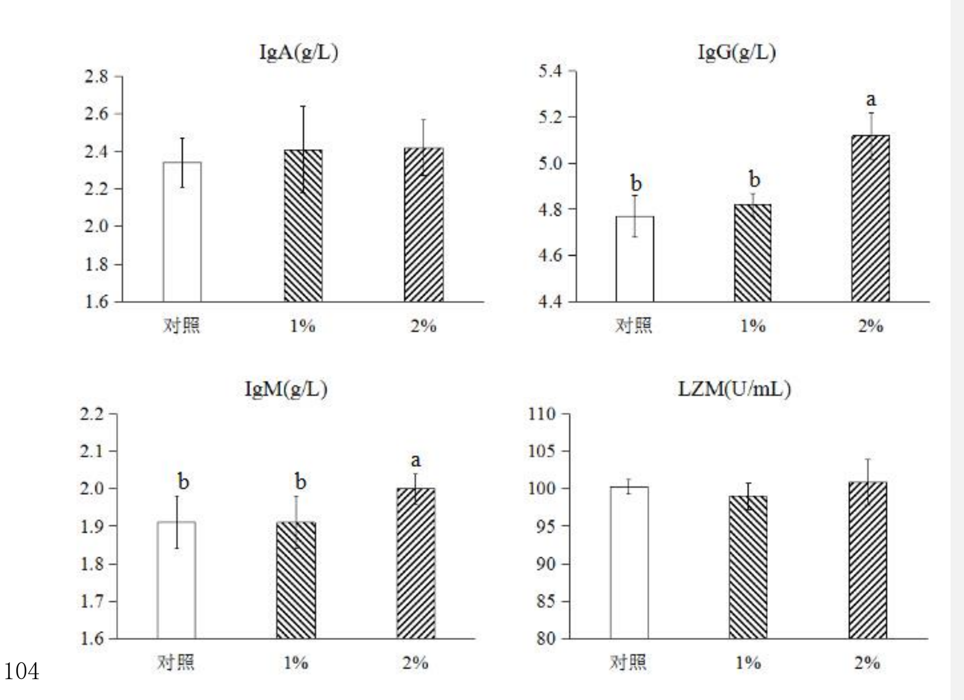
Table 3 Effects of PT on serum biochemical indices of laying hens

项目 Items	时间 Time	组别 Groups			*P* 值 *P*-value
		对照 Control	1%“倍肽德” 1%PT	2%“倍肽德” 2%PT	
总蛋白 TP/（g/L）	第 4 周末 The end of week 4	53.64±5.85	51.17±4.68	59.07±11.10	0.08
	第 8 周末 The end of week 8	51.88±5.50	51.49±5.96	53.21±6.65	0.36
白蛋白 ALB/（g/L）	第 4 周末 The end of week 4	20.78±2.00	20.27±1.74	20.43±2.08	0.86
	第 8 周末 The end	20.79±	20.50±2.66	21.16±3.38	0.91

	of week 8	1.58			
球蛋白 GLO/（g/L）	第 4 周末 The end of week 4	30.88±1.03[b]	28.90±1.21[b]	36.75±0.99[a]	0.05
	第 8 周末 The end of week 8	29.07±1.05	28.50±0.76	29.87±0.80	0.54
钙 Ca/（mmol/L）	第 4 周末 The end of week 4	3.45±0.23	3.51±0.22	3.47±0.23	0.82
	第 8 周末 The end of week 8	3.53±0.15	3.55±0.14	3.47±0.34	0.48
磷 P/（mmol/L）	第 4 周末 The end of week 4	1.31±0.19[b]	1.66±0.40[a]	1.66±0.44[a]	0.03
	第 8 周末 The end of week 8	1.16±0.23	1.17±0.06	1.24±0.17	0.70

2.3 “倍肽德”对产蛋鸡血清 Ig 含量和 LZM 活性的影响

由图 1 可知，在试验第 4 周末，与对照组和 1%“倍肽德”组相比，饲粮中添加 2%“倍肽德”显著提高了血清 IgG 和 IgM 含量（$P<0.05$）；各组间血清 IgA 含量和 LZM 活性无显著差异（$P>0.05$）。



数据柱形标注不同小写字母表示差异显著（*P*<0.05），标注相同字母或者无字母表示差异不显著（*P*>0.05）。图 2 同。

Data columns with different small letters mean significant difference (*P*<0.05), while with the same or no letters mean no significant difference (*P*>0.05). The same as Fig.2.

图 1　“倍肽德”对产蛋鸡第 4 周末血清 Ig 含量和 LZM 活性的影响

Fig.1　Effects of PT on serum Ig contents and LZM activity of laying hens at the end of week 4

如图 2 所示，在试验第 8 周末，与对照组和 1%“倍肽德”组相比，饲粮中添加 2%“倍肽德”显著提高了血清 IgA 含量（*P*<0.05）；各组间 IgG 含量无显著差异（*P*>0.05）；2%“倍肽德”组血清 IgM 含量显著高于对照组（*P*<0.05）；1%“倍肽德”组血清 LZM 活性显著高于对照组（*P*<0.05），但与 2%“倍肽德”组无显著差异（*P*>0.05）。

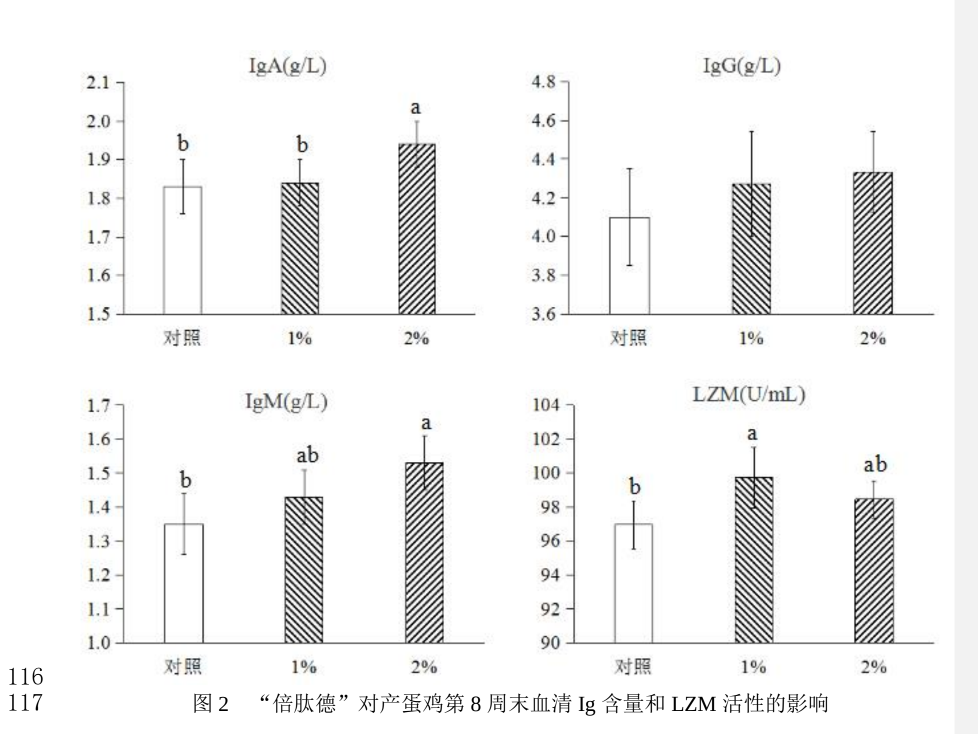


图 2 “倍肽德”对产蛋鸡第 8 周末血清 Ig 含量和 LZM 活性的影响

Fig.2 Effects of PT on serum Ig contents and LZM activity of laying hens at the end of week 8

2.4 “倍肽德”对产蛋鸡肠黏膜结构的影响

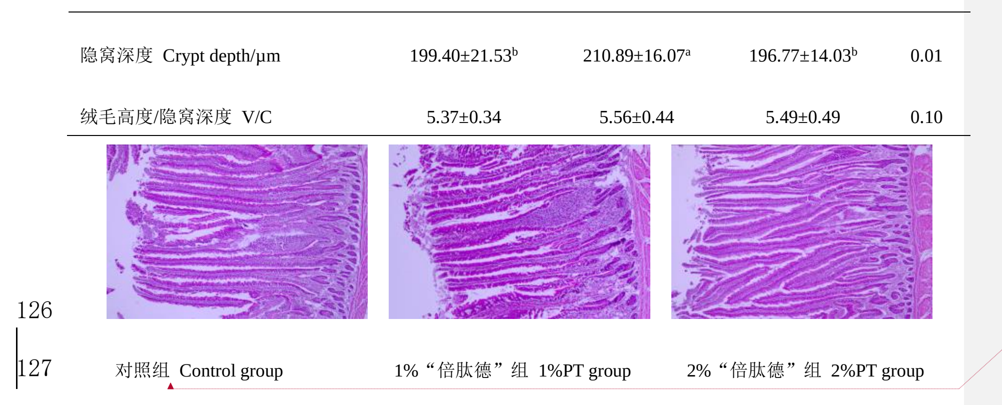
由表 4 和图 3 可知，饲粮中添加 1%“倍肽德”显著提高了蛋鸡空肠绒毛高度（P<0.01）和隐窝深度（P<0.05）；2%“倍肽德”组的空肠绒毛高度和隐窝深度与对照组相比无显著差异（P>0.05）；与对照组相比，饲粮中添加 1%“倍肽德”有提高空肠 V/C 的趋势，但未达到统计学显著水平（P>0.05）。

表 4 “倍肽德”对产蛋鸡肠黏膜结构的影响

Table 4 Effects of PT on intestinal mucosal structure of laying hens

项目 Items	组别 Groups			*P* 值 *P*-value
	对照 Control	1%“倍肽德” 1%PT	2%“倍肽德” 2%PT	
绒毛高度 Villous height/μm	1 068.86±107.80[b]	1 166.48±61.87[a]	1 076.30±63.48[b]	<0.01

隐窝深度 Crypt depth/μm	199.40±21.53[b]	210.89±16.07[a]	196.77±14.03[b]	0.01
绒毛高度/隐窝深度 V/C	5.37±0.34	5.56±0.44	5.49±0.49	0.10



对照组 Control group　　1%“倍肽德”组 1%PT group　　2%“倍肽德”组 2%PT group

图 3　空肠形态切片图

Fig.3　Slice of jejunum morphology (40×)

3　讨　论

3.1　“倍肽德”对产蛋鸡生产性能的影响

酵母培养物是一种集常规和功能性营养素于一体的新型生物发酵饲料，含有消化酶、维生素、有机酸、小肽和辅助生长因子等多种生物活性物质，其对动物生产性能的改善作用受到越来越多的关注。近几年国内外关于酵母培养物在蛋鸡生产中添加效果的报道并不多，早期研究显示，酵母培养物能提高产蛋率并在在应激状态下维持产蛋率[7]；酵母培养物能改善料蛋比和降低死淘率[8]。本试验中，饲粮中添加“倍肽德”增加了产蛋鸡产蛋率的同时也提高了采食量，说明“倍肽德”会刺激动物采食，这可能是由于“倍肽德”中富含多种芳香物质（脂类、醇类、有机酸）和增味物质（鸟苷酸、肌苷酸、谷氨酸、多肽）。早期研究表明，与未添加和添加 0.2%相比，添加 0.1%酵母培养物对产蛋鸡生产性能的改善效果最佳[9]。本研究中 1%“倍肽德”组产蛋鸡的生产性能最佳，“倍肽德”的有效添加量与前人的研究结果有差异，可能与酵母培养物来源、加工工艺以及饲养条件不同有关；一致的是，添加量过大都会影响家禽的生产性能，原因可能是酵母培养物中富含甘露寡糖，当动物摄入过多时，消化道内微生物发酵过度，可能引起动物消化不良性腹泻，使畜禽生长发育受阻。

3.2　“倍肽德”对产蛋鸡血清生化指标的影响

血清中TP和ALB含量可以反映机体营养状态及蛋白质的吸收和代谢水平。研究表明，酵母培养物可显著提高肉仔鸡血清TP含量[10]，因酵母培养物可提高肉仔鸡对蛋白质的吸收和利用，使快速生长的肉仔鸡血清TP含量相应升高。与在肉鸡上的研究结果不同，本试验中各组间血清TP和ALB含量无显著差异，而2%“倍肽德”组产蛋鸡血清GLO含量较对照组显著提高。GLO是机体内参与免疫反应的蛋白质，反映机体免疫水平，2%“倍肽德”组血清GLO含量较对照组增加，表明饲粮中添加2%“倍肽德”增强了产蛋鸡的免疫机能。血清Ca和P含量能在一定程度上反映机体钙和磷的营养状况。本试验中，各试验组钙含量较对照组无显著差异，PT提高了血清磷含量且差异显著。与本研究一致，酵母培养物可增加蛋雏鸡血清磷含量，但未增加血清钙[11]。关于PT影响机体钙磷代谢确切的作用机制尚不清楚，可能与其中含有较高的植酸酶有关，有待进一步研究。

3.3 “倍肽德”对产蛋鸡血清Igs含量和LZM活性的影响

本试验结果表明，饲粮中添加“倍肽德”有提高蛋鸡免疫机能的潜力，2%“倍肽德”组效果更佳。研究表明，酵母培养物可提高蛋雏鸡增重、免疫器官指数和血清新城疫抗体滴度[11]；肉仔鸡饲粮中添加适量的酵母培养物可强化免疫机能，提高应激条件下鸡的抗感染能力，改善生产性能[12]；酵母培养物能显著提高血液中IgG、IgA、IgM含量和免疫器官指数，明显改善肉仔鸡的生长性能和免疫功能[4]。酵母培养物增强免疫机能可能与其中含有酵母细胞壁多糖（葡聚糖、甘露寡糖等）有关，酵母细胞壁多糖可刺激动物免疫器官生长发育和成熟，并增强机体体液免疫应答[13]。本试验中添加2%“倍肽德”时提高了产蛋鸡血清Ig含量，但2%“倍肽德”组产蛋鸡的生产性能略低于1%“倍肽德”组，推测可能是由于添加2%“倍肽德”使机体产生过多免疫应答反应，减少了用于产蛋的能量或营养素的吸收利用。酵母培养物对家禽血清LZM活性影响的报道较少，本研究发现，饲粮中添加1%“倍肽德”可增加血清LZM活性。与本结果相符，Gao等[14]研究得出酵母培养物可以提高肉仔鸡血液中LZM活性。LZM主要由巨噬细胞分泌，是构成非特异性免疫功能因素之一，LZM活性增加表明酵母培养物能

活化巨噬细胞，增强抗菌免疫功能，保护机体免受感染。

3.4 “倍肽德”对产蛋鸡肠黏膜结构的影响

小肠黏膜结构反映动物肠道的健康状况，绒毛高度和隐窝深度是衡量动物消化吸收功能的重要指标。绒毛高度增加，肠上皮细胞与营养物质的接触和吸收面积变大，对养分的吸收能力增强；消化道发育成熟时，隐窝上皮细胞作用减弱，隐窝深度变浅[15]；黏膜结构改善，V/C变大，绒毛对营养物质的消化吸收功能增强。研究发现，酵母培养物能够促进幼龄畜禽肠道发育，添加0.2%酵母培养物显著提高肉仔鸡十二指肠、空肠和回肠绒毛高度和V/C，并显著降低隐窝深度[7]；饲粮中添加0.25%酵母培养物能显著提高肉仔鸡肠绒毛高度并显著降低隐窝深度[15]。与以上结果类似，本研究结果显示，饲粮中添加1%“倍肽德”后蛋鸡空肠绒毛高度和V/C提高，表明1%的“倍肽德”对蛋鸡肠黏膜结构具有改善作用，且这一趋势与改善蛋鸡生产性能一致，1%“倍肽德”组产蛋鸡生产性能的提高可能与改善肠黏膜结构有关。关于“倍肽德”改善肠道黏膜结构的确切机制目前尚不清楚，可能与其中含葡聚糖和甘露聚糖有关，其具有吸附病原菌的功能，可减少肠道黏膜与抗原的结合，保护黏膜免受损伤。

4 结　论

① 饲粮中添加 1%“倍肽德”有提高产蛋鸡的产蛋率和降低料蛋比的趋势，还可改善肠黏膜结构，提高绒毛高度，并有升高 V/C 的潜力。

② 饲粮中添加 2%“倍肽德”可提高产蛋鸡血清中 Ig 含量，进而增强机体免疫力。

③ 基于本试验结果，“倍肽德”在产蛋鸡饲粮中的适宜添加量为 1%~2%。

参考文献：

[1] 王玲,刘开东,吕永艳,等.半胱胺和酵母培养物添加量对奶牛产奶性能及氮排泄的影响[J].动物营养学报,2015,27(9):2832–2840.

[2] WANG L Z,WANG Z S,ZOU H W,et al.Yeast culture and vitamin E supplementation alleviates heat stress in dairy goats[J].Asian-Australasian Journal of Animal

Sciences,2016,29(6):814–822.

[3] 路则庆,熊海涛,宋德广,等.大麦-高粱型饲粮中添加酵母培养物对肥育猪生长性能及肉品质的影响[J].动物营养学报,2016,28(4):1160–1167.

[4] 郭伶,张利勃.酵母培养物对肉仔鸡肠道大肠杆菌及血液生化指标的影响[J].中国家禽,2014,36(12):19–22.

[5] 李慧,陈鹏,康学庆,等.日粮中添加酵母培养物对蛋鸡生产性能和蛋品质的影响[J].饲料博览,2016(4):22–24.

[6] KREUKNIET M B,NIEUWLAND M G B,VAN DER ZIJPP A J.Phagocytic activity of two lines of chickens divergently selected for antibody production[J].Veterinary Immunology and Immunopathology,1995,44(3/4):377–387.

[7] 刘质彬.日粮中添加酵母代谢物对产蛋鸡的作用[D].硕士学位论文.北京:中国农业科学院,2002:20–24.

[8] YALÇIN S,ÖZSOY B,EROL H,et al.Yeast culture supplementation to laying hen diets containing soybean meal or sunflower seed meal and its effect on performance,egg quality traits,and blood chemistry[J].The Journal of Applied Poultry Research,2008,17(2):229–236.

[9] 林长水.酵母菌培养物对产蛋鸡的生产性能及蛋品质的影响[D].硕士学位论文.延吉:延边大学,2007:9–14.

[10] 肖曼.酵母培养物对肉仔鸡生产性能、营养物质利用率及肠道相关指标的影响[D].硕士学位论文.湛江:广东海洋大学,2013:24–25.

[11] 刘观忠,安胜英,姜国均,等.酵母培养物对蛋雏鸡肠壁结构及免疫机能的影响[J].中国畜牧兽医,2005,32(2):10–12.

[12] GAO J,ZHANG H J,YU S H,et al.Effects of yeast culture in broiler diets on performance and immunomodulatory functions[J].Poultry Science,2008,87(7):1377–1384.

[13] 谢智文,聂琴,曾雨雷,等.酵母细胞壁多糖在动物养殖中的作用[J].中国饲料,2016(2):40–42.

[14] GAO J,ZHANG H J,WU S G,et al.Effect of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product on immune functions of broilers challenged with *Eimeria tenella*[J].Poultry Science,2009,88(10):2141–2151.

[15] 于素红.酵母培养物对肉仔鸡生产性能的影响及代谢机理研究[D].硕士学位论文.杨凌:西北农林科技大学,2008:30–31.

Effects of "Peptidetech" on Performance, Immune Function and Intestinal Mucosal Structure of Laying Hens

MA Youbiao[1] ZHOU Jianmin[1] ZHANG Haijun[1*] WANG Jing[1] WU Shugeng[1*] QI Guanghai[1] LIU Jianzhong[2] LYU Liang[2]

(1. *Feed Research Institute, The Chinese Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Feed Biotechnology of Ministry of Agriculture, Beijing* 100081, *China*; 2. *Load Biological Environmental Technology* （*Gulin*） *Co., Ltd., Luzhou* 646509, *China*)

Abstract: The objective of this study was to investigate the effects of "Peptidetech" (PT) on performance, immune function and intestinal mucosal structure of laying hens. Three hundred and twenty-four healthy 27-week-old Hyline laying hens with the similar body weight and egg production rate were randomly divided into three groups containing 6 replicates of 18 birds each. Laying hens in 3 groups were fed a corn-soybean meal diet supplemented with 0 （control）, 1% and 2% of PT, respectively. The trial contained one-week adaptation period and eight-week formal trial period. The results showed as follows: 1) egg producing rate did not differ significantly among experimental groups of each time quantum (P>0.05), but the egg producing rate at 1 to 4 weeks, 5

*Corresponding authors: ZHANG Haijun, associate professor, E-mail: fowlfeed@163.com; WU Shugeng, professor, E-mail: wushugeng@caas.cn (责任编辑 菅景颖)

to 8 weeks and 1 to 8 weeks in1% PT group was increased by 1.79%, 2.07% and 1.93% compared with control group, respectively. Average daily feed intake at 5 to 8 weeks and 1 to 8 weeks in 1% PT group had a higher trend than that in the control group (P<0.10). 2） At the end of week 4, serum globulin content in 2% PT group was increased by 19.0% (P>0.05) and 27.2% (P<0.05) compared with control group and 1% PT group, respectively, and serum phosphorus content in 1% and 2% PT groups was significantly higher than that in control group (P<0.05). 3） At the end of week 4, serum immunoglobulin (Ig) G and IgM contents in 2% PT group were significantly increased compared with control group and 1% PT group (P<0.05); at the end of week 8, serum IgA and IgM contents in 2% PT group and serum lysozyme (LZM) activity in 1% PT group were significantly increased compared with control group (P<0.05). 4) Compared with control group and 2% PT group, supplementation of 1% PT significantly increased the villus height and crypt depth (P<0.05), and had a trend to increase the villus height to villus crypt ratio (V/C) in jejunum of laying hens (P<0.10). The overall results indicate that appropriate dosage (1% to 2%) of PT in the diet of laying hens can enhance the immune function and improve the intestinal mucosal structure.

Key words: “Peptidetech”; laying hens; performance; immune function; intestinal mucosal